

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-201147

(43)Date of publication of application : 31.07.1998

(51)Int.Cl.

H02K 1/27

(21)Application number : 09-003458

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO
LTD

(22)Date of filing : 13.01.1997

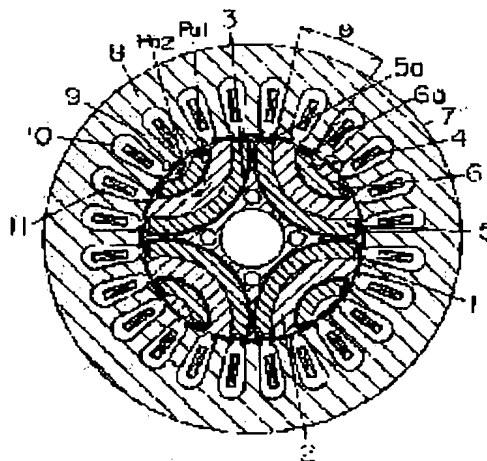
(72)Inventor : ASANO YOSHINARI
SHINDO MASAYUKI
ITO HIROSHI
HONDA YUKIO
MURAKAMI HIROSHI
SUMIYA NAOYUKI
YOKOTE SHIZUKA

(54) PERMANENT MAGNET MOTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce a cogging torque and eliminate vibration noise by a method wherein, in each pole of a permanent magnet, one of the layers of the permanent magnet is used as a reference layer and the same sides of the parts of the punched permanent magnet holes of the reference layer and the other layer are formed at positions shifted from each other by a specific angle.

SOLUTION: Permanent magnets 5 and 6 are provided in a rotor 1 while they are divided into two or more layers in the respective pole parts. In each pole part, one of the layers of the permanent magnet is used as a reference layer and the same sides of the parts of the punched permanent magnet holes 3, 4 of the reference layer and the other layer are formed at positions shifted from each other by an angle θ determined by a formula: $\theta = 360 / N_s \times (n + i / N_m)$, $0 < \theta < 360 / (2P)$. In this formula, N_s denotes the number of stator slots, N_m denotes the number of layers of the permanent magnet in one pole parts, P denotes the number of poles, i denotes an integer from 1 to $N_m - 1$ and n denotes an arbitrary integer. For instance, if each permanent magnet of a permanent magnet motor is divided into two layers in one pole part, the relative positions between the stator teeth and the respective layers of the permanent magnet are opposite to each other, so that a cogging torque can be reduced.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

22.04.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The same part side which the permanent magnet was divided into the interior of a rotor per pole radial more than the bilayer, and has been arranged in the permanent magnet motor which has two or more permanent magnets, and faced the Rota front face of the punching hole for permanent magnets of the layer and other layers on the basis of a certain layer on each pole is $\theta = 360 / N_s (n + i / N_m)$, respectively.

$0 < \theta < 360 / (2P)$

(-- however, for the number of stator slots, and N_m , the number of layers of the permanent magnet per pole and P are [N_s / the integers from 1 to $N_m - 1$ and n of a pole and i] the integers of arbitration.) -- permanent magnet motor characterized by being in the location where only the include angle θ determined shifted.

[Claim 2] The permanent magnet motor according to claim 1 which is the radii configuration whose permanent magnet is a convex at the inside.

[Claim 3] The permanent magnet motor according to claim 2 which has the radii core of a permanent magnet of being located in the Rota periphery side in the Rota inner circumference side on each pole from the radii core of a permanent magnet of being located in the Rota inner circumference side.

[Claim 4] The permanent magnet motor according to claim 1 whose permanent magnet is a rare earth magnet.

[Claim 5] The same part side which the permanent magnet was divided into the interior of a rotor per pole radial more than the bilayer, and has been arranged in the permanent magnet motor which has two or more permanent magnets, and faced the Rota front face of the punching hole for permanent magnets of the pole and other poles on the basis of a certain pole is $\delta = 360 / N_s (n + j / P)$ between mutual poles.

$360(k / N_s - 1 / P) < \delta < 360(k / N_s + 1 / P)$

(-- however, the integer and n as which one k is chosen [N_s / a pole and j] for the number of stator slots and P to j to the integers from 1 to $P - 1$ from 1 before $P - 1$ corresponding to 1 are

the integer of arbitration.) -- permanent magnet motor characterized by being in the location where only the determined include angle delta shifted.

[Claim 6] The permanent magnet motor according to claim 5 which is the radii configuration whose permanent magnet is a convex at the inside.

[Claim 7] The permanent magnet motor according to claim 5 whose permanent magnet is a rare earth magnet.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention uses effectively not only the torque by the permanent magnet but reluctance torque, and relates to the permanent magnet motor which realizes a well head.

[0002]

[Description of the Prior Art] By dividing a permanent magnet more than a bilayer and arranging it from before to radial per pole, inside a rotor in the permanent magnet motor which has two or more permanent magnets at least, reluctance torque was used effectively and there was a permanent magnet motor which realizes a well head. Drawing 9 -11 are the permanent magnet motor which writers invented. The rotor core 101 consists of what carried out the laminating of the rotor core sheet which comes to pierce high permeability material, such as iron, or a magnetic steel sheet. There are punching holes 102 and 103 for permanent magnets in this rotor core 101, and per pole, permanent magnets 104 and 105 are divided into radial more than a bilayer, and are laid under it, respectively. Such Rota 106 is held by the rivet pin 108 etc. while it forms an end plate 107 for the rotor core 101 which laid permanent magnets 104 and 105 underground at both sides. A stator 109 has two or more teeth 111 held in York 110 and this York 110. The coil 113 is given to the slot 112 between teeth 111. The current controlled by the switching circuit etc. flows to a coil 113, the stator 109 interior is made to generate rotating magnetic field, and Rota 106 rotates focusing on a shaft 114 by rotating magnetic field with this.

[0003] For a certain reason, a permanent magnet can do magnetic paths, such as the magnetic path Pa 1 between permanent magnets 104 and 105, and the magnetic path Pa 2 of the rotor core section by the side of the Rota periphery of a permanent magnet 105, more than a bilayer per pole. Since there is this magnetic path, by advancing the phase of a current, it combines with the torque by the permanent magnet, and reluctance torque can also be used. Since reluctance torque will serve as max if 45 degrees of current phases are advanced by the electrical angle, a current phase is the progress direction and comprehensive torque serves as max between 0 degree and 45 degrees by the electrical angle. Therefore, input reduction can be aimed at and effectiveness improves.

[0004] Moreover, since a permanent magnet is laid under the Rota section incore, magnet scattering prevention tubing is unnecessary, there is no loss by the eddy current generated

inside magnet scattering prevention tubing, and much more efficient-ization can be attained by the ability of the mechanical air gap between Rota 106 and a stator 109 to be made small.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the above-mentioned conventional example had the following faults.

[0006] Depending on arrangement of a permanent magnet, magnetic paths Pa1 and Pa2 are closed by physical relationship with stator teeth, and magnetic flux stops being able to flow easily. Moreover, on each poles, if the physical relationship of a permanent magnet and stator teeth is in agreement, the time of magnetic flux tending to flow depending on the location of Rota and the time when magnetic flux cannot flow easily can be performed. The physical relationship of the teeth 111 of the permanent magnet 105 and stator 109 when carrying out minute include-angle rotation of Rota is shown in drawing 11. Since every pole is the same, this physical relationship is shown in drawing by one pole. (a) -- 3.75 degrees rotates at a time counterclockwise with -->(b) -->(c) -->(d), and it returns to the physical relationship of (a) again. Thereby, cogging occurs every 15 degrees. It moves from the magnetic flux which came out from permanent magnet 104 front face to stator teeth as it is through a magnetic path Pa 1 in part, and the remainder passes along a permanent magnet 105 and it moves from it to stator teeth. Since the Rota magnetic flux can be drawn near to the Rota hand of cut while Rota is rotating, when all the physical relationship of the edges 104a and 105a by the side of the hand-of-cut advance by the side of the Rota periphery of a permanent magnet 104,105 and teeth 111 is in agreement (i.e., when in agreement with the multiple of spacing of teeth 111), cogging torque and a torque ripple increase.

[0007] In the case of drawing 9, it is $\theta = 15$ degrees and is in agreement with spacing of the teeth 111 of a stator 109.

[0008] Therefore, it had the fault that vibration and the noise became large on a front face as compared with the permanent magnet motor which has arranged the permanent magnet.

[0009]

[Means for Solving the Problem] A side with the same part which this invention was divided into the interior of a rotor per pole radial in the permanent magnet motor which has two or more permanent magnets at least more than the bilayer in order to solve the above-mentioned technical problem, the permanent magnet has been arranged, and faced the Rota front face of the punching hole for permanent magnets of the layer and other layers on the basis of a certain layer on each pole is $\theta = 360 / N_s x (n + i / N_m)$, respectively.

$0 < \theta < 360 / (2P)$

However, for the number of stator slots, and N_m , the number of layers of the permanent magnet per pole and P are [N_s / the integers from 1 to $N_m - 1$ and n of a pole and i] the integers of arbitration. It is set as the location where only the include angle θ come out of and determined shifted.

[0010]

[Embodiment of the Invention] For invention according to claim 1, the same part side which the permanent magnet was divided into the interior of a rotor per pole radial more than the bilayer, and has been arranged in the permanent magnet motor which has two or more permanent magnets at least, and faced the Rota front face of the punching hole for permanent magnets of the layer and other layers on the basis of a certain layer on each pole is $\theta = 360 / N_s x (n + i / N_m)$, respectively.

$0 < \theta < 360 / (2P)$

(-- however, in the number of stator slots, and N_m , a pole and i make it as the integers from 1 to $N_m - 1$, and n makes the integer of arbitration the number of layers of the permanent magnet per pole, and P for N_s .) -- it is determined and is set as the location where only three include angles shifted.

[0011] Since relation with stator teeth changes with each layers the same part side which faced the Rota front face of the punching hole for permanent magnets on each pole by the above-mentioned configuration, in the permanent magnet motor by which the permanent magnet was divided into two-layer per pole, the relation to an opposite phase with stator teeth becomes, and

cogging torque is reduced.

[0012] Moreover, while making a permanent magnet into the radii configuration which is a convex inside and enabling it to take large permanent magnet surface area, and as magnetic flux concentrates on the magnetic pole core on the front face of Rota, it acquires higher torque.

[0013] Moreover, on each pole, since the large surface area of the permanent magnet located in the Rota periphery side as is in the Rota inner circumference side is taken and he is trying for magnetic flux to concentrate on the magnetic pole core on the front face of Rota from the radii core of a permanent magnet that the radii core of a permanent magnet of being located in the Rota periphery side is located in the Rota inner circumference side, higher torque is acquired.

[0014] Moreover, since high torque and a high increase in power are made possible by using a permanent magnet as a rare earth magnet and the big amount of magnetic flux can be realized in the small amount of magnets, a degree of freedom is made to the configuration of the punching hole for permanent magnets, and the width of face of selection of the value of theta can be expanded.

[0015] The same part side which the permanent magnet was divided into the interior of a rotor per pole radial more than the bilayer, and has been arranged in the permanent magnet motor which has two or more permanent magnets further at least, and faced the Rota front face of the punching hole for permanent magnets of the pole and other poles on the basis of a certain pole is $\delta = 360 / N_s (n + j / P)$ between mutual poles.

$360(k / N_s - 1 / P) < \delta < 360(k / N_s + 1 / P)$

(-- however, the integer and n as which k is chosen [N_s / a pole and j] for the number of stator slots and P to j from 1 before P-1 corresponding to 1 to 1 are taken as the integer of arbitration to the integers from 1 to P-1.) -- it is set as the location where only the shown include angle delta shifted.

[0016] Since relation with stator teeth changes with each poles in each class the same part side which faced the Rota front face of the punching hole for permanent magnets, for example, since every 90 degrees each of four kinds of relation with stator teeth shift and it exists in 4 pole permanent magnet motor by the above-mentioned configuration, torque pulsation is equalized and cogging torque is reduced.

[0017]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained in detail.

[0018] (Example 1) One example of this invention is explained, referring to drawing 1 - drawing 3.

[0019] The rotor core 2 of Rota 1 consists of what carried out the laminating of the rotor core sheet which comes to pierce high permeability material, such as iron, or a magnetic steel sheet in drawing 1. There are punching holes 3 and 4 for permanent magnets in the rotor core 2, and it has few clearances in said punching hole, and per pole, permanent magnets 5 and 6 are divided into radial more than a bilayer, and are laid under it, respectively. Rota 1 forms an end plate (not shown) in the both sides of the rotor core 2 which laid permanent magnets 5 and 6 underground, and holds it by the rivet pin (not shown) etc. A stator 7 consists of two or more teeth 9 held in York 8 and this York 8. The coil 11 is given to the slot 10 between teeth 9. The current controlled by the switching circuit etc. flows to a coil 11, the stator 7 interior is made to generate rotating magnetic field, and this rotates Rota 1 focusing on a shaft (not shown).

[0020] For a certain reason, a permanent magnet can do magnetic paths, such as the magnetic path Pa 1 between permanent magnets 5 and 6, and the magnetic path Pa 2 of the rotor core section by the side of the Rota periphery of a permanent magnet 6, more than a bilayer per pole. Since there is this magnetic path, by advancing the phase of a current, it combines with the torque by the permanent magnet, and reluctance torque can also be used. Since reluctance torque will serve as max if it is advanced the current phase of 45 degrees, comprehensive torque serves as max between 0 degree and 45 degrees. Therefore, input reduction can be aimed at and effectiveness improves. Moreover, since it is the radii configuration whose permanent magnet is a convex at the Rota inner circumference side, magnetic flux can concentrate on the pole core on the front face of Rota, and high torque can be generated.

[0021] Furthermore, on each pole, the include angle theta between the sides 5a and 6a with the

same part which faced the Rota front face of a permanent magnet becomes 22.5 degrees, as a result of calculating by having applied to $\theta = 360 / N_s \times (n+i/N_m)$ as $N_s=24$, $n=1$, $i=1$, and $N_m=2$.

[0022] The physical relationship of the permanent magnets 5 and 6 and Teeth 9a, 9b, and 9c when carrying out minute rotation of Rota is shown in drawing 2. In (a), there is a permanent magnet 5 in the middle of Teeth 9b and 9c, and a permanent magnet 6 exists in teeth 9a and the location which counters mostly. In (b), the physical relationship of a permanent magnet 5 and teeth 9c is in the physical relationship and the opposite phase of a permanent magnet 6 and teeth 9a, and since the direction which a suction force commits is mutually opposite, a suction force, i.e., rotation unevenness, decreases as a whole. Moreover, in (c), it is the same as that of the location of (a), and is the same as that of the location of (b) in (d). Therefore, compared with the conventional permanent magnet motor, rotation unevenness decreased and cogging torque was reduced by 2 by about 1/. Drawing 3 shows the cogging torque wave of elegance, and the cogging torque wave of the permanent magnet motor in this example conventionally.

[0023] In addition, $P=4$, $N_s=24$, and the value that θ at the time of $N_m=2$ can take are shown in (Table 1). In consideration of magnetic thickness etc., the any value which can be constitutionally taken out of (Table 1) is employable. The value which θ at the time of $P=4$, $N_s=24$, and $N_m=3$ can take similarly was shown in (Table 2). What is necessary is just to choose the any value of each line [respectively / (Table 2)] in each class. The value to which similarly θ at the time of $P=6$, $N_s=18$, and $N_m=4$ can take $P=2$, $N_s=12$, and the value that θ at the time of $N_m=3$ can take to (Table 3) is shown in (Table 4).

[0024]

[Table 1]

$P=4$	$N_s=24$	$N_m=2$	
$i=1$	7.5	22.5	37.5

[0025]

[Table 2]

$P=4$	$N_s=24$	$N_m=3$	
$i=1$	5	20	35
$i=2$	10	25	40

[0026]

[Table 3]

$P=2$	$N_s=12$	$N_m=3$	
$i=1$	10	40	70
$i=2$	20	50	80

[0027]

[Table 4]

$P=6$	$N_s=18$	$N_m=2$	
$i=1$	5	25	
$i=2$	10	30	
$i=3$	15	35	

[0028] (Example 2) Other examples of this invention are explained using drawing 4.

[0029] Since it is the same as that of an example 1, an operation of a configuration of being shown in drawing 4 is omitted. Permanent magnets 25 and 26 are laid under a part of punching holes 23 and 24 for permanent magnets in this example. The both sides of a permanent magnet come to fill up non-magnetic material, such as an air space or resin. The include angle θ between the sides 25a and 26a with the same part which faced the Rota front face of a permanent magnet on each pole at this time becomes 22.5 degrees as a result of calculating by having applied to $\theta = 360 / N_s \times (n+i/N_m)$ as $N_s=24$, $n=1$, $i=1$, and $N_m=2$.

[0030] In this example, the permanent magnet does not serve as a radii configuration. the case where a rare earth magnet is used for this -- the amount of a permanent magnet -- it can

decrease -- moreover, tabular manufacture -- cost reduction can be measured by considering as an easy configuration. Moreover, since the big amount of magnetic flux is realizable in the small amount of magnets, a degree of freedom is made to the configuration of the punching hole for permanent magnets, and the width of face of selection of the value of theta according to claim 1 spreads.

[0031] (Example 3) Other examples of this invention are explained using drawing 5 .

[0032] Since the operation of a configuration is the same as that of an example 1 in drawing 5 , it omits. In this example, the radii core of a permanent magnet 6 of being located in the Rota periphery side is in the Rota inner circumference side on each pole from the radii core of a permanent magnet 5 of being located in the Rota inner circumference side. Higher torque is acquired, in order that this may take the large surface area of the permanent magnet located in the Rota periphery side and magnetic flux may concentrate on the magnetic pole core on the front face of Rota. Moreover, the large space surrounded between the permanent magnet 42 by the side of the Rota periphery and the rotor core front face can be taken, and the hole 12 for rivet pins can be established in the location concerned. By this configuration, the reinforcement of the steel plate section between a permanent magnet hole end face and the Rota front face can be reinforced.

[0033] (Example 4) Other examples of this invention are explained using drawing 6 - drawing 8 .

[0034] Since it is the same as that of an example 1, a configuration is omitted. being certain -- a pole -- criteria -- ** -- carrying out -- the -- a pole -- others -- a pole -- Rota -- a periphery -- a side -- being located -- a permanent magnet -- six -- A -- six -- B -- six -- C -- six -- D -- Rota -- a front face -- having faced -- a part -- being the same -- a side -- six -- A -- ' -- six -- B -- ' -- six -- C -- ' -- six -- D -- ' -- between mutual poles --

$$\delta = 360 - /N_s x (n+j/P)$$

$$360(k/N_s - 1/P) < \delta < 360(k/N_s + 1/P)$$

It is set as the location where only the include angle delta come out of and determined shifted.

[0035] However, the integer and n as which k is chosen [$N_s / \text{a pole and } j$] for the number of stator slots and P to j from 1 before P-1 corresponding to 1 to 1 are taken as the integer of arbitration to the integers from 1 to P-1.

[0036] In this example, the result calculated by having applied to $\delta = 360 - /N_s x (n+j/P)$ is as follows.

[0037] $\delta_1 = 15 \times (5 + 2/4) = 82.5$ $\delta_2 = 15 \times (11 + 3/4) = 176.25$ $\delta_3 = 15 \times (17 + 1/4) = 258.75$ -- in addition about the sequence of j of j/P, it is arbitrary.

[0038] The enlarged drawing of the part which faced the Rota front face of the permanent magnet located in the Rota periphery side of each pole in the location of a certain Rota is shown in drawing 7 . (a) shows physical relationship (permanent magnet 6D and teeth 9d). (b) shows the physical relationship of permanent magnet 6B and teeth 9b. (c) shows the physical relationship of permanent magnet 6C and teeth 9c. (d) shows the physical relationship of permanent magnet 6A and teeth 9a. Putting on the location of a certain Rota, all the physical relationship of the part which faced the Rota front face of the permanent magnet located in the Rota periphery side of each pole, and stator teeth differs. If 3.75 degrees of Rota rotate, the physical relationship of the part which faced the Rota front face of the permanent magnet located in the Rota periphery side of each pole, and stator teeth will become being the same as that of it which shows drawing 7 . Therefore, since the same physical relationship appears every 3.75 degrees, cogging torque and a torque ripple are reduced. Drawing 8 is a graph which shows the cogging torque wave of the conventional permanent magnet motor, and the cogging torque wave of the permanent magnet motor in this example. Compared with cogging of the conventional permanent magnet motor, 2 decreased by about 1/.

[0039] In addition, in this example, although the include angle of a side with the same part which faced the Rota front face of the punching hole for permanent magnets located in the Rota periphery side was specified, the same effectiveness is acquired by specifying similarly also about the punching hole for permanent magnets located in the Rota inner circumference side.

[0040] In addition, the value which $\delta = 360 k/P$ at the time of $P = 4$ and $N_s = 24$ can take is shown in (Table 5). However, the value of k takes the values from 1 to P-1 corresponding

to the value of j . What is necessary is just to choose the any value of each line [respectively / (Table 5)] on each pole. In consideration of the thickness of this magnet etc., the combination of any value which can be constitutionally taken out of (Table 5) is employable. The value to which similarly delta at the time of $P=6$ and $N_s=18$ can take the value which delta at the time of $P=2$ and $N_s=12$ can take to (Table 6) is shown in (Table 7).

[0041]

[Table 5]

$P=4$ $N_s=24$

$j=1$	3.75	18.75	33.75	48.75	63.75	78.75
$j=2$	7.5	22.5	37.5	52.5	67.5	82.5
$j=3$	11.25	26.25	41.25	56.25	71.25	86.25

[0042]

[Table 6]

$P=2$ $N_s=12$

$j=1$	15	45	75
-------	----	----	----

[0043]

[Table 7]

$P=6$ $N_s=18$

$j=1$	3.33	23.33	43.33
$j=2$	6.67	26.67	46.67
$j=3$	10	30	50
$j=4$	13.33	33.33	53.33
$f=5$	16.67	36.67	56.67

[0044] In addition, it does not pass over what was shown in these examples to an example of this invention, and according to the meaning of this invention, various deformation is possible for a number of layers, a configuration, etc. of the pole of a motor, or a permanent magnet, and it does not except these for them from this invention.

[0045]

[Effect of the Invention] According to invention according to claim 1, cogging torque is reduced and a permanent magnet motor with little oscillating noise can be offered so that clearly from the above-mentioned explanation. .

[0046] Since according to invention according to claim 2 large permanent magnet surface area can be taken and magnetic flux concentrates on the magnetic pole core on the front face of Rota, higher torque is acquired and an efficient permanent magnet motor can be offered.

[0047] Since according to invention according to claim 3 the large surface area of the permanent magnet located in the Rota periphery side is taken and magnetic flux concentrates on the magnetic pole core on the front face of Rota, higher torque is acquired and an efficient permanent magnet motor can be offered.

[0048] According to invention according to claim 4, a high increase in power is possible, and a degree of freedom is made to the configuration of the punching hole for permanent magnets, and the width of face of selection of the value of theta according to claim 1 spreads.

[0049] Since according to invention according to claim 5 torque pulsation is equalized and cogging torque is reduced, a permanent magnet motor with little oscillating noise can be offered.

[0050] According to invention according to claim 6, higher torque is acquired and an efficient permanent magnet motor can be offered.

[0051] According to invention according to claim 7, a high increase in power is possible, and a degree of freedom is made to the configuration of the punching hole for permanent magnets, and the width of face of selection of the value of delta according to claim 5 spreads.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The sectional view showing the permanent magnet motor in one example of this invention

[Drawing 2] The partial expanded sectional view when carrying out minute include-angle rotation of Rota of a permanent magnet motor

[Drawing 3] The cogging torque wave form chart of the cogging torque wave of a permanent magnet motor, and the conventional permanent magnet motor

[Drawing 4] The sectional view showing the permanent magnet motor in other examples of this invention

[Drawing 5] The sectional view showing the permanent magnet motor in the example of further others of this invention

[Drawing 6] The sectional view showing the permanent magnet motor in the example of further others of this invention

[Drawing 7] The partial expanded sectional view showing the permanent magnet motor in the example of further others of this invention

[Drawing 8] The cogging torque wave form chart of the cogging torque wave of a permanent magnet motor, and the conventional permanent magnet motor

[Drawing 9] The sectional view showing the conventional permanent magnet motor

[Drawing 10] The decomposition perspective view showing the conventional permanent magnet motor

[Drawing 11] The partial expanded sectional view when carrying out minute include-angle rotation of Rota of the conventional permanent magnet motor

[Description of Notations]

1 Rota

3 Four Punching hole for permanent magnets

5 Six Permanent magnet

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-201147

(43) 公開日 平成10年(1998) 7月31日

(51) Int.Cl.⁹

H 0 2 K 1/27

識別記号

5 0 1

F I

H 0 2 K 1/27

5 0 1 A

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平9-3458

(22) 出願日 平成 9 年(1997) 1 月13日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 浅野 能成

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 神藤 正行

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 伊藤 浩

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

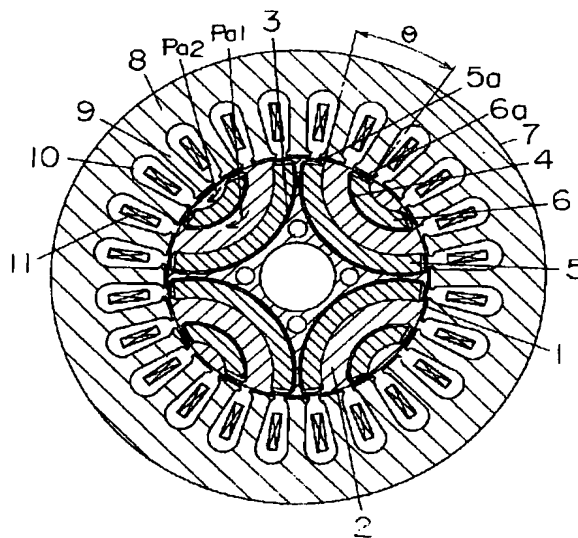
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石モータ

(57) 【要約】

【課題】 永久磁石をロータ内部に半径方向に二層以上に分割して埋設し、リラクタンストルクを有効に利用して高効率を実現する永久磁石モータにおいて、振動、騒音の小さい永久磁石モータを提供する。

【解決手段】 ロータ1の内部に埋設される永久磁石5, 6の周方向相対位置を特定の数式に当てはまる関係とすることによりコギングトルクを低減させることができ、その結果として低振動、低騒音の永久磁石モータが実現される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数個の永久磁石を有する永久磁石モータにおいて、永久磁石がロータ内部に一極あたり半径方向に二層以上に分割されて配置され、かつ、それぞれの極において、ある層を基準とし、その層と他の層の永久磁石用打ち抜き穴のロータ表面に面した部分の同一の側が、それぞれ

$$\theta = 360 / N_s \times (n + i / N_m)$$

$$0 < \theta < 360 / (2P)$$

(ただし、 N_s はステータスロット数、 N_m は一極あたりの永久磁石の層数、 P は極数、 i は1から $N_m - 1$ までの整数、 n は任意の整数である。)で決定される角度 θ だけずれた位置にあることを特徴とする永久磁石モータ。

【請求項2】永久磁石が内側に凸である円弧形状である請求項1記載の永久磁石モータ。

【請求項3】それぞれの極において、ロータ外周側に位置する永久磁石の円弧中心が、ロータ内周側に位置する永久磁石の円弧中心よりロータ内周側にある請求項2記載の永久磁石モータ。

【請求項4】永久磁石が希土類磁石である請求項1記載の永久磁石モータ。

【請求項5】複数個の永久磁石を有する永久磁石モータにおいて、永久磁石がロータ内部に一極あたり半径方向に二層以上に分割されて配置され、かつ、ある極を基準とし、その極と他の極の永久磁石用打ち抜き穴のロータ表面に面した部分の同一の側が、相互の極間で、

$$\delta = 360 / N_s \times (n + j / P)$$

$$360 (k / N_s - 1 / P) < \delta < 360 (k / N_s + 1 / P)$$

(ただし、 N_s はステータスロット数、 P は極数、 j は1から $P - 1$ までの整数、 k は j に対して1体1に対応して1から $P - 1$ までの間で選択される整数、 n は任意の整数である。)で決定された角度 δ だけずれた位置にあることを特徴とする永久磁石モータ。

【請求項6】永久磁石が内側に凸である円弧形状である請求項5記載の永久磁石モータ。

【請求項7】永久磁石が希土類磁石である請求項5記載の永久磁石モータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、永久磁石によるトルクのみならず、リラクタンストルクをも有効利用し、高効率を実現させる永久磁石モータに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より、少なくとも複数個の永久磁石を有する永久磁石モータにおいて、永久磁石をロータ内部に一極あたり半径方向に二層以上に分割して配置することにより、リラクタンストルクを有効に利用し、高効

率を実現する永久磁石モータがあった。図9～11は、筆者らが発明した永久磁石モータである。ロータコア101は、鉄などの高透磁率材、または電磁鋼板など打ち抜いてなるロータコアシートを積層したものからなる。このロータコア101には、永久磁石用打ち抜き穴102および103があり、それぞれ永久磁石104および105が一極あたり半径方向に二層以上に分割されて埋設されている。このようなロータ106は、永久磁石104および105を埋設したロータコア101を、両側に端板107を設けるとともに、リベットピン108などで保持している。ステータ109は、ヨーク110と、このヨーク110に保持された複数のティース111を有する。ティース111間にあるスロット112には巻線113が施されている。巻線113にはスイッチ回路などにより制御された電流が流れ、ステータ109内部に回転磁界を発生させ、これによってロータ106が回転磁界によりシャフト114を中心に回転する。

【0003】永久磁石は一極あたり二層以上あるため、永久磁石104および105の間の磁路Pa1、永久磁石105のロータ外周側のロータコア部の磁路Pa2などの磁路ができる。この磁路があるため、電流の位相を進めることにより、永久磁石によるトルクと併せて、リラクタンストルクをも利用できる。リラクタンストルクは電流位相を電気角で45°進めると最大となるため、総合トルクは、電流位相が進み方向で、電気角で0°と45°の間で最大となる。従って、入力低減が図れ、効率が向上する。

【0004】また、ロータコア内部に永久磁石を埋設するため、磁石飛散防止管が不要であり、磁石飛散防止管内部に発生する渦電流による損失がなく、ロータ106とステータ109の間の機械的エアギャップを小さくできるなどにより、一層の高効率化が図れる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記従来例は以下のような欠点を有していた。

【0006】永久磁石の配置によっては、磁路Pa1およびPa2が、ステータティースとの位置関係によって塞がれ、磁束が流れにくくなる。また、それぞれの極同士で、永久磁石とステータティースの位置関係が一致すると、ロータの位置によっては、磁束が流れやすいときと、磁束が流れにくいときができる。図11に、ロータを微小角度回転させたときの、永久磁石105とステータ109のティース111の位置関係を示す。この位置関係は、どの極も同一であるので、一極分だけ図に示す。(a)→(b)→(c)→(d)と、3.75°ずつ反時計方向に回転し、再び(a)の位置関係に戻る。これにより、15°毎にコギングが発生する。永久磁石104表面から出た磁束は、一部磁路Pa1を通してそのままステータティースに移り、残りは永久磁石105を通り、ステータティースに移る。ロータが回転してい

るとき、ロータ磁束はロータ回転方向に引き寄せられるため、永久磁石104、105のロータ外周側の回転方向前進側の端104aおよび105aとティース111との位置関係が全て一致するとき、すなわち、ティース111の間隔の倍数と一致するとき、コギングトルクおよびトルクリップルが増加する。

【0007】図9の場合、 $\theta = 15^\circ$ であり、ステータ109のティース111の間隔と一致する。

【0008】従って、表面に永久磁石を配置した永久磁石モータと比較して、振動、騒音が大きくなるという欠点を有していた。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため本発明は、少なくとも複数個の永久磁石を有する永久磁石モータにおいて、永久磁石がロータ内部に一極あたり半径方向に二層以上に分割されて配置され、かつ、それぞれの極において、ある層を基準とし、その層と他の層の永久磁石用打ち抜き穴のロータ表面に面した部分の同一の側が、それぞれ

$$\theta = 360 / N_s \times (n + i / N_m)$$

$$0 < \theta < 360 / (2P)$$

ただし、 N_s はステータスロット数、 N_m は一極あたりの永久磁石の層数、 P は極数、 i は1から $N_m - 1$ までの整数、 n は任意の整数である。で決定される角度 θ だけずれた位置に設定したものである。

【0010】

【発明の実施の形態】請求項1記載の発明は、少なくとも複数個の永久磁石を有する永久磁石モータにおいて、永久磁石がロータ内部に一極あたり半径方向に二層以上に分割されて配置され、かつ、それぞれの極において、ある層を基準とし、その層と他の層の永久磁石用打ち抜き穴のロータ表面に面した部分の同一の側が、それぞれ

$$\theta = 360 / N_s \times (n + i / N_m)$$

$$0 < \theta < 360 / (2P)$$

(ただし、 N_s はステータスロット数、 N_m は一極あたりの永久磁石の層数、 P は極数、 i は1から $N_m - 1$ までの整数、 n は任意の整数とする。)で決定され、3角度だけずれた位置に設定したものである。

【0011】上記構成により、各極において、永久磁石用打ち抜き穴のロータ表面に面した部分の同一の側と、ステータティースとの関係がそれぞれの層によって異なるため、例えば永久磁石が一極あたり2層に分割された永久磁石モータにおいては、ステータティースとの関係が逆位相になり、コギングトルクが低減される。

【0012】また永久磁石は内側に凸である円弧形状とし永久磁石表面積を大きくとれるようにするとともに、かつロータ表面の磁極中心部に磁束が集中するようにして、より高いトルクを得たものである。

【0013】またそれぞれの極において、ロータ外周側に位置する永久磁石の円弧中心が、ロータ内周側に位置

する永久磁石の円弧中心よりロータ内周側にあるようにしてロータ外周側に位置する永久磁石の表面積を大きくとり、ロータ表面の磁極中心部に磁束が集中するようにしているため、より高いトルクが得られる。

【0014】また永久磁石を希土類磁石として高トルク、高出力化を可能としたものであり、また、少ない磁石量で大きな磁束量を実現できるため、永久磁石用打ち抜き穴の形状に自由度ができ、 θ の値の選択の幅を広げることができる。

【0015】さらに少なくとも複数個の永久磁石を有する永久磁石モータにおいて、永久磁石がロータ内部に一極あたり半径方向に二層以上に分割されて配置され、かつ、ある極を基準とし、その極と他の極の永久磁石用打ち抜き穴のロータ表面に面した部分の同一の側が、相互の極間で、

$$\delta = 360 / N_s \times (n + j / P)$$

$$360 (k / N_s - 1 / P) < \delta < 360 (k / N_s + 1 / P)$$

(ただし、 N_s はステータスロット数、 P は極数、 j は1から $P - 1$ までの整数、 k は j に対して1対1に対応して1から $P - 1$ までの間で選択される整数、 n は任意の整数とする。)で示す角度 δ だけずれた位置に設定したものである。

【0016】上記構成により、各層において、永久磁石用打ち抜き穴のロータ表面に面した部分の同一の側と、ステータティースとの関係がそれぞれの極によって異なるため、例えば4極永久磁石モータにおいては、ステータティースとの関係が各 90° ずつずれて4通り存在するため、トルク脈動が平均化され、コギングトルクが低減される。

【0017】

【実施例】以下、本発明の実施例について詳しく説明する。

【0018】(実施例1)本発明の一実施例について、図1～図3を参照しながら説明する。

【0019】図1において、ロータ1のロータコア2は、鉄などの高透磁率材、または電磁鋼板など打ち抜いてなるロータコアシートを積層したものからなる。ロータコア2には、永久磁石用打ち抜き穴3および4があり、前記打ち抜き穴に、僅かな隙間を持って、それぞれ永久磁石5および6が一極あたり半径方向に二層以上分割されて埋設されている。ロータ1は、永久磁石5および6を埋設したロータコア2の両側に端板(図示せず)を設けるなどし、リベットピン(図示せず)などで保持している。ステータ7は、ヨーク8とこのヨーク8に保持された複数のティース9からなる。ティース9間にあるスロット10には、巻線11が施されている。巻線11にはスイッチ回路などにより制御された電流が流れてステータ7内部に回転磁界を発生させ、これによりロータ1は、シャフト(図示せず)を中心に回転する。

【0020】永久磁石は一極あたり二層以上あるため、永久磁石5および6の間の磁路Pa1、永久磁石6のロータ外周側のロータコア部の磁路Pa2などの磁路ができる。この磁路があるため、電流の位相を進めることにより、永久磁石によるトルクと併せて、リラクタンストルクをも利用できる。リラクタンストルクは電流位相45°進めると最大となるため、総合トルクは、0°と45°の間で最大となる。従って、入力低減が図れ、効率が向上する。また、永久磁石がロータ内周側に凸である円弧形状であるので、ロータ表面の極中心部に磁束が集中し、高いトルクを発生させることができる。

【0021】さらに、各極において、永久磁石のロータ表面に面した部分の同一の側5a、6aの間の角度 θ は、 $N_s = 24$ 、 $n = 1$ 、 $i = 1$ 、 $N_m = 2$ として $\theta = 360 / N_s \times (n + i / N_m)$ にあてはめて計算した結果、22.5°となる。

【0022】図2に、ロータを微小回転させたときの、永久磁石5および6とティース9a、9b、9cとの位置関係を示す。(a)においては、永久磁石5は、ティース9bと9cの中間にあり、永久磁石6は、ティース9aとほぼ対向する位置に存在する。(b)においては、永久磁石5とティース9cとの位置関係は、永久磁石6とティース9aとの位置関係と逆位相にあり、吸引力の働く方向が互いに反対であるので、全体として吸引力、すなわち回転むらは少なくなる。また、(c)においては、(a)の位置と同様であり、(d)においては、(b)の位置と同様である。従って、従来の永久磁石モータに比べ、回転むらは減少し、コギングトルクは約1/2に低減された。図3は、従来品のコギングトルク波形および本実施例における永久磁石モータのコギングトルク波形を示している。

【0023】なお、 $P = 4$ 、 $N_s = 24$ 、 $N_m = 2$ のときの θ のとりうる値を(表1)に示す。磁石の厚みなどを考慮し、(表1)の中から構成上とりうる任意の値を採用可能である。同様に $P = 4$ 、 $N_s = 24$ 、 $N_m = 3$ のときの θ のとりうる値を(表2)に示した。各層においてそれぞれ(表2)の各行の任意の値を選択すればよい。同様にして、 $P = 2$ 、 $N_s = 12$ 、 $N_m = 3$ のときの θ のとりうる値を(表3)に、 $P = 6$ 、 $N_s = 18$ 、 $N_m = 4$ のときの θ のとりうる値を(表4)に示す。

【0024】

【表1】

P=4	Ns=24	Nm=2	
i=1	7.5	22.5	37.5

【0025】

【表2】

P=4	Ns=24	Nm=3	
i=1	5	20	35
i=2	10	25	40

【0026】

【表3】

P=2	Ns=12	Nm=3	
i=1	10	40	70
i=2	20	50	80

【0027】

【表4】

P=6	Ns=18	Nm=2	
i=1	5	25	
i=2	10	30	
i=3	15	35	

【0028】(実施例2)本発明の他の実施例を図4を用いて説明する。

【0029】図4に示す構成の作用は実施例1と同様であるので省略する。本実施例においては、永久磁石用打ち抜き穴23および24の一部に永久磁石25および26が埋設されている。永久磁石の両側は空気層または樹脂などの非磁性体を充填してなる。このとき、各極において、永久磁石のロータ表面に面した部分の同一の側25a、26aの間の角度 θ は、 $N_s = 24$ 、 $n = 1$ 、 $i = 1$ 、 $N_m = 2$ として $\theta = 360 / N_s \times (n + i / N_m)$ にあてはめて計算した結果、22.5°となる。

【0030】本実施例においては、永久磁石は円弧形状となっていない。これは、希土類磁石を用いた場合、永久磁石の量を低減でき、また板状の製造容易な形状とすることにより、コスト低減をはかることができる。また、少ない磁石量で大きな磁束量を実現できるため、永久磁石用打ち抜き穴の形状に自由度ができ、請求項1記載の θ の値の選択の幅が広がる。

【0031】(実施例3)本発明の他の実施例を図5を用いて説明する。

【0032】図5において構成の作用は実施例1と同様であるので省略する。本実施例においては、それぞれの極において、ロータ外周側に位置する永久磁石6の円弧中心が、ロータ内周側に位置する永久磁石5の円弧中心よりロータ内周側にある。これにより、ロータ外周側に位置する永久磁石の表面積を大きくとり、ロータ表面の磁極中心部に磁束が集中するため、より高いトルクが得られる。また、ロータ外周側の永久磁石42とロータコア表面の間に囲まれた空間を大きくとることができる。当該位置にリベットピン用穴12を設けることができる。本構成により、永久磁石穴端面とロータ表面の間の鋼板部の強度を補強することができる。

【0033】(実施例4)本発明の他の実施例を図6～図8を用いて説明する。

【0034】構成は実施例1と同様であるので省略する。ある極を基準とし、その極と他の極のロータ外周側に位置する永久磁石6A、6B、6C、6Dの、ロータ表面に面した部分の同一の側6A'、6B'、6C'、6D'が、相互の極間で、

$\delta = 360 / N_s \times (n + j / P)$

$360(k/Ns-1/P) < \delta < 360(k/Ns+1/P)$

で決定される角度 δ だけずれた位置に設定したものである。

【0035】ただし、 Ns はステータスロット数、 P は極数、 j は1から $P-1$ までの整数、 k は j に対して1対1に対応して1から $P-1$ までの間で選択される整数、 n は任意の整数とする。

【0036】本実施例において、 $\delta = 360/Ns \times (n+j/P)$ にあてはめて計算した結果は以下のとおりである。

【0037】 $\delta 1 = 15 \times (5+2/4) = 82.5$

$\delta 2 = 15 \times (11+3/4) = 176.25$

$\delta 3 = 15 \times (17+1/4) = 258.75$

なお、 j/P の j の順番については、任意である。

【0038】図7に、あるロータの位置における、それぞれの極のロータ外周側に位置する永久磁石のロータ表面に面した部分の拡大図を示す。(a)は永久磁石6Dとティース9dとの位置関係を示している。(b)は永久磁石6Bとティース9bとの位置関係を示している。(c)は永久磁石6Cとティース9cとの位置関係を示している。(d)は永久磁石6Aとティース9aとの位置関係を示している。あるロータの位置に置いて、それぞれの極のロータ外周側に位置する永久磁石のロータ表面に面した部分と、ステータティースとの位置関係は全*

P=4		Ns=24				
j=1	3.75	18.75	33.75	48.75	63.75	78.75
j=2	7.5	22.5	37.5	52.5	67.5	82.5
j=3	11.25	26.25	41.25	56.25	71.25	86.25

【0042】

【表6】

P=2		Ns=12		
j=1	15	45	75	

【0043】

【表7】

P=6		Ns=18		
j=1	3.33	23.33	43.33	
j=2	6.67	26.67	46.67	
j=3	10	30	50	
j=4	13.33	33.33	53.33	
f=5	16.67	36.67	56.67	

【0044】なお、これらの実施例に示したものは、本発明の一例にすぎず、モータの極数や永久磁石の層数や形状など、本発明の趣旨に応じて種々の変形が可能であり、これらを本発明から除外するものではない。

【0045】

【発明の効果】上記説明から明らかなように、請求項1記載の発明によれば、コギングトルクが低減され、振動騒音の少ない永久磁石モータを提供することができる。

*で異なる。ロータが 3.75° 回転すると、それぞれの極のロータ外周側に位置する永久磁石のロータ表面に面した部分と、ステータティースとの位置関係が、図7に示すそれと同様になる。従って、 3.75° 毎に同一の位置関係が表れるため、コギングトルクやトルクリップルが低減される。図8は、従来の永久磁石モータのコギングトルク波形と、本実施例における永久磁石モータのコギングトルク波形を示すグラフである。従来の永久磁石モータのコギングに比べ、約 $1/2$ に低減された。

【0039】なお、本実施例において、ロータ外周側に位置する永久磁石用打ち抜き穴のロータ表面に面した部分の同一の側の角度について規定したが、ロータ内周側に位置する永久磁石用打ち抜き穴についても、同様に規定することにより、同様な効果が得られる。

【0040】なお、 $P=4$ 、 $Ns=24$ のときの $\Delta\delta = \delta - 360k/P$ のとりうる値を(表5)に示す。ただし、 k の値は j の値に対応して1から $P-1$ までの値をとる。各極においてそれぞれ(表5)の各行の任意の値を選択すればよい。同磁石の厚みなどを考慮し、(表5)の中から構成上とりうる任意の値の組合せを採用可能である。同様にして、 $P=2$ 、 $Ns=12$ のときの δ のとりうる値を(表6)に、 $P=6$ 、 $Ns=18$ のときの δ のとりうる値を(表7)に示す。

【0041】

【表5】

30 【0046】請求項2記載の発明によれば、永久磁石表面積が大きくとれ、かつロータ表面の磁極中心部に磁束が集中するため、より高いトルクが得られ、高効率の永久磁石モータが提供できる。

【0047】請求項3記載の発明によれば、ロータ外周側に位置する永久磁石の表面積を大きくとり、ロータ表面の磁極中心部に磁束が集中するため、より高いトルクが得られ、高効率の永久磁石モータが提供できる。

40 【0048】請求項4記載の発明によれば、高出力化が可能であり、また、永久磁石用打ち抜き穴の形状に自由度ができ、請求項1記載の θ の値の選択の幅が広がる。

【0049】請求項5記載の発明によれば、トルク脈動が平均化され、コギングトルクが低減されるため、振動騒音の少ない永久磁石モータを提供することができる。

【0050】請求項6記載の発明によれば、より高いトルクが得られ、高効率の永久磁石モータが提供できる。

【0051】請求項7記載の発明によれば、高出力化が可能であり、また、永久磁石用打ち抜き穴の形状に自由度ができ、請求項5記載の δ の値の選択の幅が広がる。

【図面の簡単な説明】

50 【図1】本発明の一実施例における永久磁石モータを示

す断面図

【図2】永久磁石モータのロータを微小角度回転させたときの部分拡大断面図

【図3】永久磁石モータのコギングトルク波形と従来の永久磁石モータのコギングトルク波形図

【図4】本発明の他の実施例における永久磁石モータを示す断面図

【図5】本発明のさらに他の実施例における永久磁石モータを示す断面図

【図6】本発明のさらに他の実施例における永久磁石モータを示す断面図

【図7】本発明のさらに他の実施例における永久磁石モ

＊ータを示す部分拡大断面図

【図8】永久磁石モータのコギングトルク波形と従来の永久磁石モータのコギングトルク波形図

【図9】従来の永久磁石モータを示す断面図

【図10】従来の永久磁石モータを示す分解斜視図

【図11】従来の永久磁石モータのロータを微小角度回転させたときの部分拡大断面図

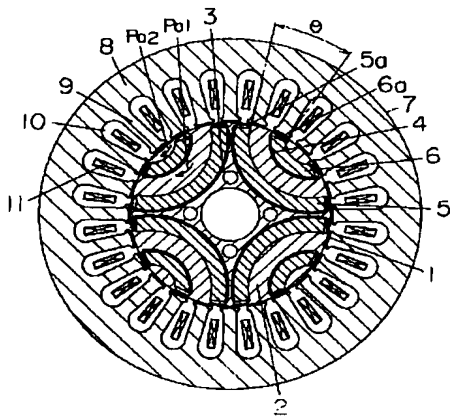
【符号の説明】

1 ロータ

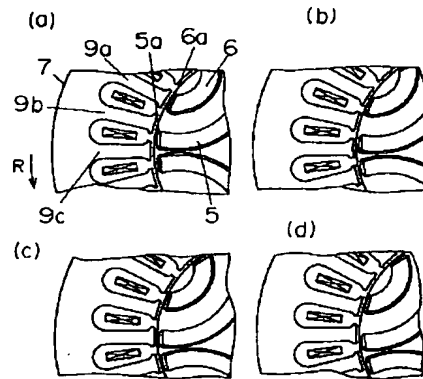
3, 4 永久磁石用打ち抜き穴

5, 6 永久磁石

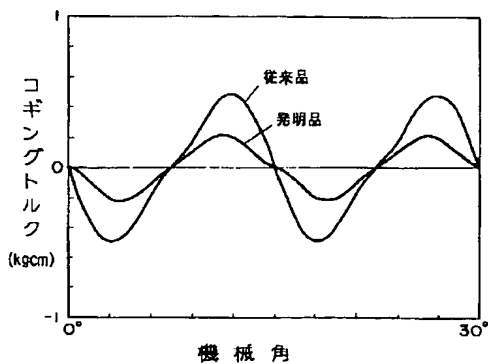
【図1】



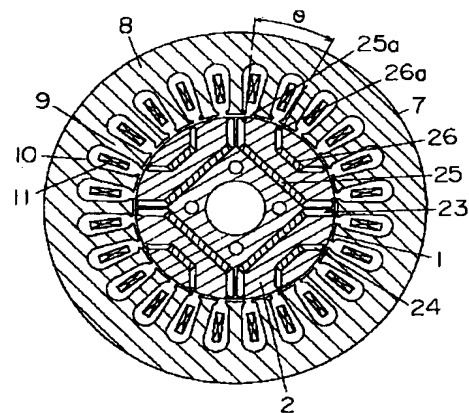
【図2】



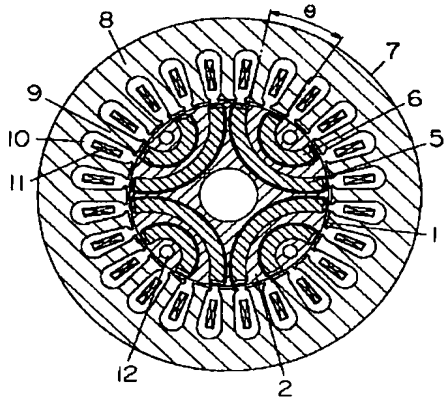
【図3】



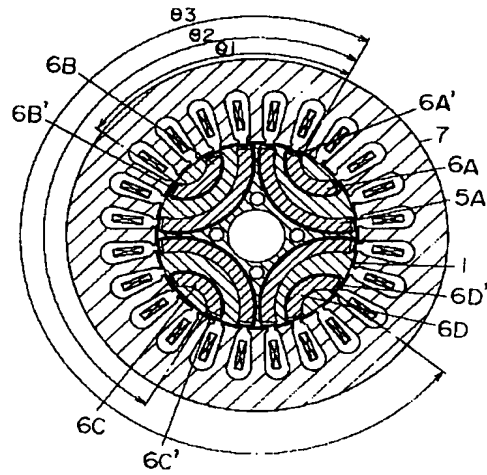
【図4】



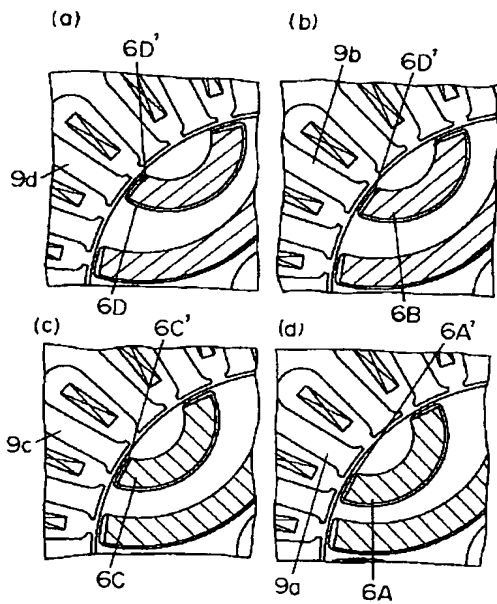
【図5】



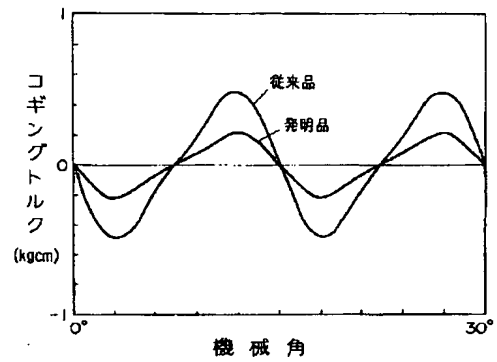
【図6】



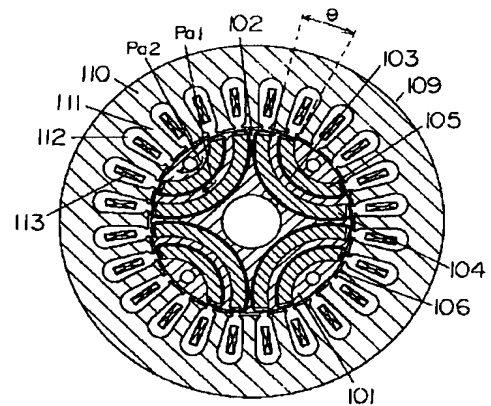
【図7】



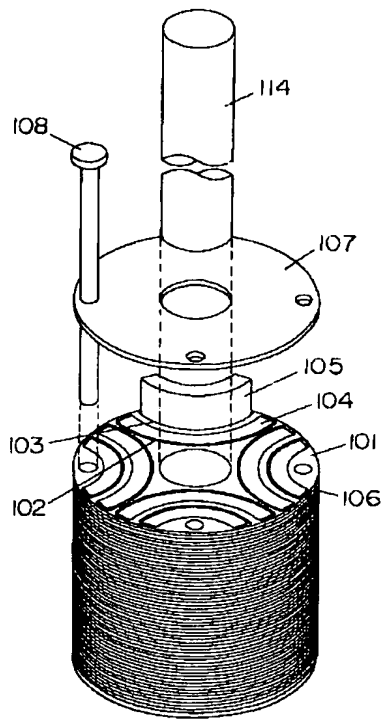
【図8】



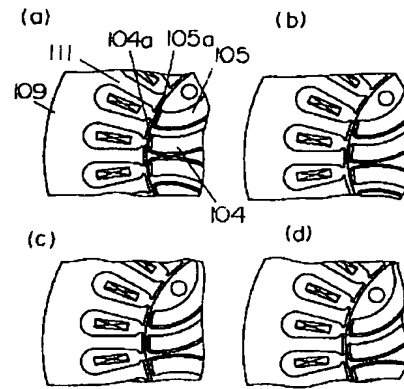
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 本田 幸夫
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 村上 浩
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 角谷 直之
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 横手 静
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内